

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Inovace výroby tělesa motoru
Production Innovation of Motor Body

Student:

Šárka Malotová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Petřkovská, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Šárka Malotová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Inovace výroby tělesa motoru**
Production Innovation of Motor Body

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Technologie výroby motoru.
3. Současný stav výroby tělesa motoru.
4. Návrh nové technologie výroby tělesa motoru.
5. Zhodnocení.


Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II: 1. díl*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava. 2007. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II: 2. díl*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava. 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] Apro, K. *Secrets of 5-Axis machining*. New York: Industrial Press, 2009, 172 s. ISBN 978-08-311-3375-7.
- [4] NESLUŠAN, M. *Dynamické aspekty brsenia kovov*. Žilinská univerzita v Žiline/EDIS-vydavateľstvo ŽU, 2008. ISBN 978-80-8070-857-3.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Petřková, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012
Datum odevzdání: 20.05.2013


Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřová, Ph.D.
vedoucí katedry

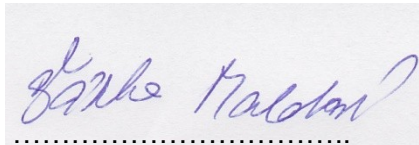



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně po vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013

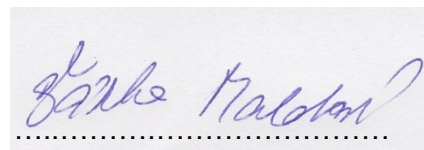


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. 5. 2013



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Šárka Malotová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ve Žlebech 133, 76314 Zlín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MALOTOVÁ, Š. *Inovace výroby tělesa motoru: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 46 s. Vedoucí práce: Petřkovská, L.

Cílem bakalářské práce je návrh nové technologie výroby *Tělesa motoru*. V první půli práce je popsáno rozdělení a konstrukční popis motorů. Následně jsou rozebrány obráběcí stroje a jejich charakteristika. Druhá část práce je věnována dané problematice. Je zde popsán použitý materiál, původní stav součásti, použité stroje a jejich parametry. Výsledkem je návrh nové technologie výroby spolu s využitím nových strojů. Vše je doplněno o grafické zobrazení. Práce také obsahuje technicko - ekonomické zhodnocení, kde je uvedena úspora na jeden kus součásti.

Klíčová slova: Motor, HSC – vysokorychlostní obrábění, NC stroje.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MALOTOVÁ, Š. *Production Innovation of Motor Body: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2013, 46 p. Thesis head: Petřkovská, L.

The aim of bachelor thesis is suggestion of new technology of production *Motor Body*. In the first half of the thesis is described distribution and structural description of the engine. Then there are analyzed machining tools and their characteristic. The second part of the work is devoted the issue. Here is described material, original condition, machines and their parameters. The result of the thesis is suggestion of the new technology of production with using new machines. The thesis is enriched by pictures. The thesis contains technical and economic evaluation, where is stated saving of the one piece.

Key words: Engine, HSC – High Speed Cutting, NC Machine.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	8
1 ÚVOD	9
2 MOTORY	10
2.1 Rotační motor	10
2.2 Lineární motor	11
2.3 Tepelný motor	12
2.4 Spalovací motor	13
2.4.1 Zážehový motor	13
2.4.2 Vznětový motor	14
2.4.3 Další typy palivových motorů	15
2.5 Elektromotor	15
2.5.1 Stejnosměrný motor	16
2.5.2 Asynchronní motor	16
3 OBRÁBĚCÍ STROJE	18
3.1 Vývoj obráběcích strojů	19
3.2 Vývoj technologie obrábění	19
3.3 Stroje pro vysokorychlostní obrábění	21
3.4 Technologie víceosého obrábění	21
4 ROZBOR PŮVODNÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	24
4.1 Vyráběná součást	24
4.2 Popis vyráběné součásti	24
4.3 Popis materiálu součásti	25
4.4 Použité stroje a nástroje původní technologie	26
4.5 Technologický postup původní technologie	34
5 ROZBOR NOVÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	35
5.1 Stroje nové technologie	35
5.2 Technologický postup nové technologie	38
6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	39

6.1	Porovnání původní a nové technologie	39
6.2	Výpočet úspory	39
7	ZÁVĚR.....	41
	PODĚKOVÁNÍ	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ	45
	SEZNAM PŘÍLOH.....	46
	PŘÍLOHA B – Technologický postup původní technologie	47
	PŘÍLOHA C – Technologický postup nové technologie	51

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Značka	Veličina	Jednotka
A_{10}	Tažnost	%
HS	Hodinová úspora stroje	min
P	Výkon	kW
R_e	Mez kluzu	MPa
R_m	Mez pevnosti	MPa
T	Teplota	°C
T_{CP}	Celkový čas výroby pro 1 součást původní technologie	min
T_{CN}	Celkový čas výroby pro 1 součást nové technologie	min
T_U	Rozdíl času výroby obou technologií	min
U	Úspora na 1 ks	Kč
a_p	Hloubka obráběné vrstvy	mm
f	Posuv na otáčku	mm
f_z	Posuv na zub	mm
n	Otáčky	min^{-1}
t	Doba výdrže na teplotě	h
t_{AC}	Čas jednotkový	min
t_{BC}	Čas přípravný	min
v_c	Řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
v_f	Posuvová rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
v_h	Rychlost ohřevu	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$
v_{ch}	Rychlost ochlazování	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$
Al	Hliník	
C	Uhlík	
HRC	Tvrdost podle Rockwella	
HSC	Vysokorychlostní obrábění – High Speed Cutting	
Mn	Mangan	
P	Fosfor	
S	Síra	
Si	Křemík	

1 ÚVOD

Strojírenský průmysl nám v dnešní době nabízí širokou škálu produktů pro výrobu. Tyto stroje a nástroje se stále zdokonalují a to má příznivý vliv na společnost.

Během výroby je hlavním úkolem vyrobit součást požadované kvality a vysoké přesnosti. A to vše za co nejmenší náklady. Tento problém je řešen návrhem nových technologií výroby a jejich inovací. Ovšem vše záleží na možnostech firmy. Velký vliv má také ekonomika a konkurence na trhu. Proto je důležité upravit výrobu pro vlastní potřeby. Díky těmto úpravám a zdokonalování technologických postupů dochází ke snížení výrobních časů, zmetkovitosti, aj.

Tato bakalářská práce byla zadána firmou FLOW TECH, s. r. o., která se zabývá návrhem a vývojem upínacích přípravků, lisovacích nástrojů, ale také výrobou jednoúčelových strojů, zařízení a strojních dílů. Cílem práce je navrhnout novou technologii výroby součásti *Tělesa motoru*, které slouží jako pohon u frézovacích hlav vysokorychlostních center.

Vysokorychlostní obrábění (HSC) je ve velkých podnicích běžnou součástí. Díky použití vyšších hodnot řezných parametrů se dosahuje lepších vlastností obrobeneho povrchu součástí a také oblast použitých materiálů je rozmanitější.

Výsledkem práce je nová technologie, která obsahuje nové, progresivnější stroje, pomocí kterých bude výroba urychlena, klesnou výrobní časy, celkové náklady na výrobu budou nižší, a to vše za stejné kvality, ne-li lepší.

2 MOTORY

Motory jsou zařízení, která mění druhy energie na mechanickou práci. Nejčastěji motory vytváří rotační pohyb. Ale jsou také případy lineárního nebo oscilačního pohybu. Jsou důležitou složkou a pohonem každého stroje. [1] V současnosti existuje několik desítek typů motorů, které se liší například typem pohybu, použitého paliva, chlazení, počtu chodů, tvaru aj. Motory mají také velký vliv na životní prostředí. Pohonné hmoty jsou velmi nákladné, hlavně pro dopravní firmy, kdy tvoří až jednu třetinu jejich nákladů. A jejich využití je škodlivé pro životní prostředí, protože spaliny, které jsou vylučovány ve formě výfukových plynů ze stroje, znečišťují ovzduší. [18]

Hodně se hovoří o využití biopaliv na jejich pohon. Biopaliva by měla velký vliv na omezení dovozu ropy do Evropy. Podle evropských rozhodnutí by určitá část energie, která je vytvořena z nafty, popřípadě benzínu, měla být nahrazena právě biopalivy. Díky velkému plošnému zalidnění Evropy, kde není dostatek orné půdy na jejich výrobu, je tato změna nereálná. Také se dá uvažovat o kombinaci biopaliv s fosilními palivy. Do budoucna se očekává, že biopaliva, vodík a zemní plyn, budou tvořit až jednu čtvrtinu paliv, která se využívají v silniční dopravě. Tomuto se však nedávají velké naděje, protože plynná paliva mají hodně nedostatků, jako například nízkou energetickou hmotnost. [18]

Motory jsou rozděleny podle:

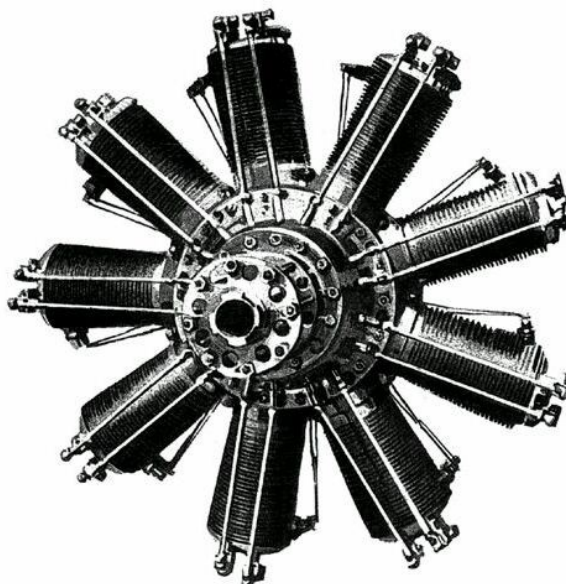
- | | | |
|-----------------|---------------------|----------------------|
| • Druhu pohybu: | • Zdroje energie: | • Možnosti pohybu: |
| - rotační, | - tepelný motor, | - stabilní motor, |
| - lineární, | - elektromotor, | - mobilní motor. [1] |
| - oscilační. | - kapalinový motor. | |

2.1 Rotační motor

Rotační motor je speciální typ hvězdicového motoru. Je to pístový spalovací motor, kde tvar hvězdy mu dávají válce řazené v jedné rovině, které spolu svírají stejný úhel. Válce jsou pevně spojeny klikovou hřídelí. Nejčastěji jde o pětiválcové motory. Tento typ se používal v leteckém průmyslu v době 1. světové války. Konstrukce hvězdicového motoru je vyobrazena níže na obrázku č. 2. 1. [2]

Jeho hlavní předností při použití bylo to, že motor pracoval jako setrvačnick. To vedlo ke klidnému chodu motoru a značnému snížení vibrací. Další nezanedbatelná

výhoda je chlazení vzduchem, a to i při velmi nízkých rychlostech nebo pohybu na zemi. Tento typ motoru má ale také své nevýhody. Při nárůstu počtu válců docházelo k velkému chvění a ke špatné stabilitě stroje. Velký důraz byl také kladen na zvyšování výkonu, a tedy k nárůstu hmotnosti celého stroje. Podstatným problémem byla spotřeba paliva, která ve srovnání s konkurencí byla vysoká. Díky těmto nevýhodám docházelo k postupnému úpadku v jejich používání. [2]



Obr. 2.1 – Hvězdicový rotační motor [2]

2.2 Lineární motor

Lineární motor funguje stejně jako rotační motor pracující na indukčním principu, který je ale rozveden do roviny. V posledních letech dochází k využívání těchto typů motorů, už kvůli jejich dynamickým vlastnostem, přesnému polohování nebo rovnoměrné rychlosti pohybu posuvu.[4]

Stator u lineárních motorů je označován jako primární část a sekundární částí se pak stává rotor. Primární část tvoří svazek složených elektrotechnických plechů a vinutí, které je položeno v jeho drážkách. Rotor je složen z permanentních magnetů nalepených na ocelové podložce. Pokud přivedeme proud do primární části, vznikne magnetické pole a to vede k pohybu jezdce. Jeho rychlost se dá ovládat regulací přiváděného proudu. [13]

Tyto motory jsou používány hlavně u velmi přesných obráběcích center, kde většina pohybů vzniká po přímce. U elektrických motorů je umožněn jen rotační pohyb, proto se díky kuličkovému šroubu tento pohyb převádí na lineární. Tady však vznikají problémy typu tření, to vede ke vzniku tepla v dané oblasti. Dalším problémem jsou maximální otáčky. Pokud dojde k jejich překročení, dojde k rozkmitání šroubu. [18] S dalším využitím lineárního motoru je možné se setkat u hloubících elektroerozivních strojů a podávacích mechanismů, kde je kladen důraz na hlučnost a čistotu ovzduší. Díky těmto motorům dochází ke snížení nepřesnosti během obrábění. [3]

Motory jsou dodávány v široké škále velikostí nebo v konstrukčním provedení, synchronní, asynchronní, krokové, stejnosměrné s komutátorem a reluktanční. [13]



Obr. 2.2 – Lineární motor [5]

2.3 Tepelný motor

Princip tepelného motoru (stroje) je založen na prvním termodynamickém zákoně, kdy dochází k přeměně tepla na vnitřní energii – práci. Při tomto ději musí být splněn i druhý zákon termodynamiky. Pokud je pracovní látka v plynném stavu, je vnitřní energie soustavy největší. [14]

Tepelné stroje jsou rozděleny na kategorie:

- parní stroj,
- parní turbína,
- spalovací motory,
- proudové motory,
- raketové motory. [14]

2.4 Spalovací motor

V každodenním životě se setkáváme nejčastěji se spalovacími pístovými motory, například u automobilů. Spalovací motory přeměňují energii, která je vytvořena v palivu, na pohybovou energii. Vše probíhá ve válcích motoru, kde se spaluje palivo a vzniklá energie působí tlakem na píst válce, a při jeho posuvu dojde ke změně energie tlakové na mechanickou. Pomocí klikové hřídele dochází ke změně posuvného pohybu na pohyb otáčivý. Zbytky spáleného paliva o vysoké teplotě a tlaku jsou odstraněny formou výfukových plynů. [15]

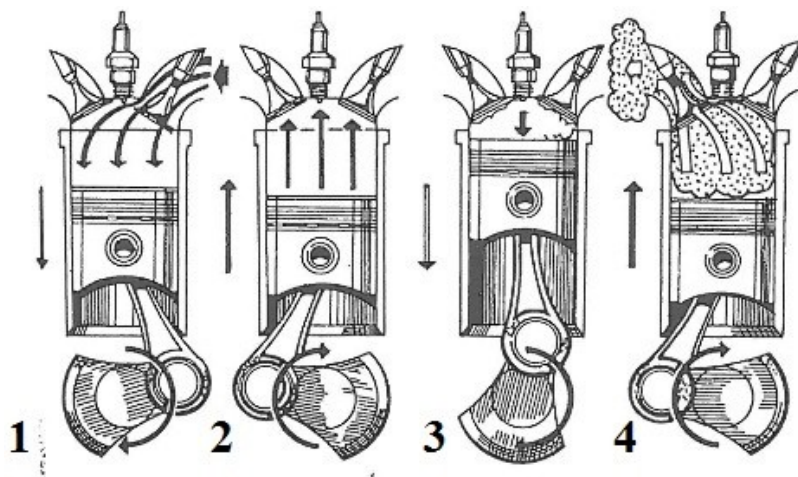
Palivo do automobilů se převážně používá automobilový benzín nebo motorová nafta, ale i také plyn (propan – butan, zemní plyn, nebo vodík). Benzín nebo nafta, oboje jsou směsi chemických sloučenin vodíku a uhlíku – uhlovodíky. Při spalování paliva nesmí docházet k nadměrnému vylučování výfukových plynů do ovzduší. Protože spalování v motorech není tak dokonalé, aby docházelo k vylučování pouze oxidu uhličitého a vody v plynném stavu, které nejsou škodlivé pro organismus a ovzduší, jsou stanoveny normy úrovně emisí. [15]

Pístové spalovací motory jsou rozděleny podle různých hledisek. Dle zapálené směsi, druhu použitého paliva, způsobu chlazení, podle pracovního oběhu, způsobu plnění válců nebo dle jejich uspořádání. Nejčastější kombinací jsou motory zážehové nebo vznětové, dvoudobé nebo čtyřdobé. Příklad takového spalovacího motoru je na obrázku č. 2. 4. Jedná se o spalovací motor vyroben firmou Volkswagen. [15]

2.4.1 Zážehový motor

Jedná se o typ motoru, kde dochází k zapálení směsi paliva, benzínu, elektrickým výbojem. Dvoudobý zážehový motor pracuje na principu dvou dob, v první je sání a komprese, v druhé expanze a výfuk spalin. Palivo se používá směs benzínu a oleje, protože motor není vybaven olejovou vanou a bez jeho použití by docházelo k zadírání motoru a následnému vyřazení. Motor je chlazen vzduchem, tedy nepotřebuje chladič. Účinnost dvoudobého zážehového motoru je pouze 20 % a prakticky se nepoužívá. Oproti tomu čtyřdobý zážehový motor, kde palivo je čistý benzín, pracuje na principu čtyř dob, sání (1), komprese (2), expanze (3), výfuk (4). V první době se píst pohybuje směrem dolů, dochází k otevření sacího ventilu, kterým prochází směs benzínu a vzduchu. V druhé době jde píst nahoru, kde dochází ke stlačování benzínu se

vzduchem. V třetí části elektrická jiskra zapálí směs, dojde k výbuchu a horké plyny stlačí píst opět dolů. Při poslední fázi se otevře výfukový ventil a při pohybu pístu nahoru jsou spaliny vytlačovány ven. Celý princip je zobrazen na obrázku č. 2. 3. Tento motor je jeden z nejpoužívanějších motorů. [16]



Obr. 2.3 – Čtyřdobý zážehový motor [16]

2.4.2 Vznětový motor

Do vznětového motoru, jinak nazývaného Dieselův motor, je používáno palivo motorová nafta. Opět jsou tyto motory dvoudobé nebo čtyřdobé. Princip čtyřdobého vznětového motoru je obdobný jako u čtyřdobého zážehového. Pracuje ve čtyřech fázích: sání, komprese, expanze a výfuk. V první fázi se píst pohybuje směrem dolů a dochází k nasátí vzduchu. Ve druhé fázi je vzduch stlačován pístem a ohříván na vysokou teplotu (600 – 800 °C). Poté dojde k vstříknutí paliva čerpadlem do horkého vzduchu, dojde ke vznícení a píst je pod tlakem stlačován opět dolů, teplota se pohybuje kolem 1 200 °C. V poslední fázi dojde k otevření výfukového kanálu a plyny odchází ven. Vznětové motory jsou také používány v hojné míře. [16]

Výhody spalovacích motorů:

- rychlé uvedení do provozu,
- konstrukce motorů pro různá paliva, různých velikostí a provedení,
- vysokou výhřevností některých paliv spolu s vysokou účinností je dosaženo nízké potřeby paliva. [7]

Nevýhody spalovacích motorů:

- při startu je potřeba vnějšího zdroje energie,
- vzniklé spaliny působí špatně na životní prostředí. [7]



Obr. 2.4 – Spalovací motor [8]

2.4.3 Další typy palivových motorů

Proudové motory jsou používány k pohonu letadel při vysokých rychlostech, u stíhaček a nadzvukových letadel. [14]

Raketové motory jsou vyráběny na tuhé nebo kapalné palivo. Jsou využívány ve vojenském průmyslu, na výzkumné rakety a družice ve vesmíru. Oba tyto typy motorů pracují na principu 2. Newtonova zákona – Akce a reakce. [14]

2.5 Elektromotor

Elektromotor je zařízení, které mění svou elektrickou energii na mechanickou. Většinou se mluví o stejnosměrných nebo střídavých motorech, dle typu zdroje elektrické energie. Střídavý zdroj je rozdělen na jednofázový nebo vícefázový. V praxi se nejčastěji

setkáváme s trojfázovým. Motor je složen z pevného statoru a pohyblivého rotoru, mezi nimiž je vzduchová mezera. Oba, rotor i stator, jsou opatřeny vinutím. Oblast motoru, kde se indukují napětí, je nazýváno kotva. Většinou je to rotor motoru. [9]

Elektrické stroje jsou rozděleny podle různých hledisek: funkce, velikost napájecího napětí, dle provedení s ohledem na jejich použití.

Dále je to kombinace velikosti napájecího napětí a provedení:

- stejnosměrné motory,
- střídavé (asynchronní, synchronní, komutátorové),
- univerzální,
- speciální,
- informační.[17]

2.5.1 Stejnosměrný motor

Stejnosměrný motor je opatřen statorem, který má po obvodě pravidelné, opačně magneticky orientované hlavní póly a pomocné, komutační póly. Rotor, který je označován jako kotva, má v drážkách vinutí s cívkami. Konstrukce motorů závisí na provedení buzení. Hlavní typy motorů jsou s cizím buzením, sériovým buzením a paralelním buzením. [9]

2.5.2 Asynchronní motor

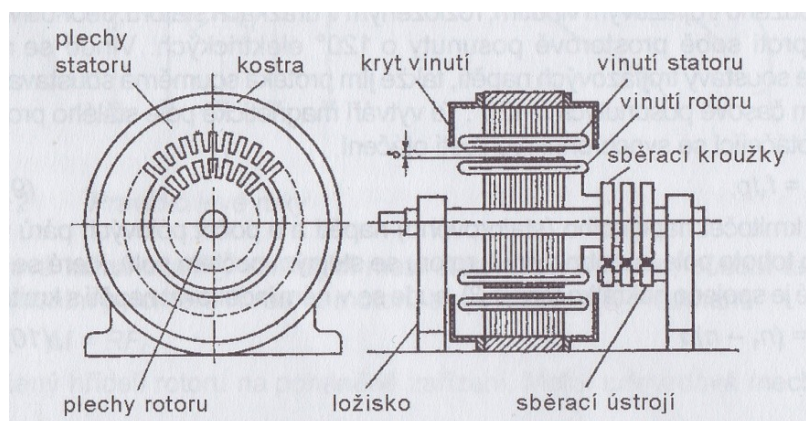
Asynchronní motory, neboli indukční, jsou dále rozdělovány podle provedení rotoru, podle počtu fází nebo podle provedení vinutí. Nejčastěji jsou vyráběny trojfázového typu. Jsou používány jako pohony pro čerpadla, ventilátory, kompresory, výtahy aj. Jejich funkce je na principu točivého magnetického pole ve vzduchové mezeře. Jednotlivé fáze vinutí jsou vůči sobě posunuty o 120° . [9] Na obrázku č. 2. 5 jsou popsány konstrukční části indukčního motoru.

Jejich konstrukční rozdělení závisí na provedení rotoru:

Motor s kroužkovým rotorem, kde stator motoru má nosnou kostrou obsahující magnetický obvod, který je sestaven z mezikružích. Tyto motory jsou rozměrově větší než

motory s kotvou nakrátko, mají větší ztráty v oblasti rotoru a vinutá kotva je opatřena izolací vodičů. [17]

Motory s klecovým rotorem, neboli s kotvou nakrátko. V tomto případě je klec tvořena hliníkovými nebo měděnými tyčemi spojenými z obou stran kruhy z téhož materiálu. Jsou malých rozměrů, mají menší nároky na údržbu, vyšší účinnost. [17]



Obr. 2.5 – Schéma indukčního motoru [9]

3 OBRÁBĚCÍ STROJE

Obráběcí stroje hrají velkou roli ve strojírenském průmyslu. Pro rozvoj v průmyslu, zvyšování produktivity práce a při zavádění částečné, nebo úplné automatizace do systému, vznikají stále nové stroje. [19]

Obráběcí stroje jsou nejčastěji rozdělovány podle tří hledisek:

- podle technologie obrábění,
- podle hlavního řezného pohybu,
- podle způsobu řazení. [11]

Podle technologie, kterou vykonávají, jsou to stroje:

- soustruhy,
- hoblovací a obrážecí stroje,
- vyvrtávací a vrtací stroje,
- frézky,
- brusky,
- stroje pro jemné dokončovací operace,
- stroje na dělení materiálu – pily,
- speciální stroje. [11]

Podle hlavního řezného pohybu, kdy se jedná o pohyb řezný rotační a posuv je plynulý, jsou to stroje jako soustruhy, vrtačky, frézky a brusky. Hlavní řezný pohyb je přímočarý a posuv přerušovaný, v tomto případě se jedná o stroje hoblovací, obrážecí, protahovací a protlačovací. [11]

Stroje podle způsobu řazení:

- stroje s lidskou obsluhou – konveční stroje,
- jednoúčelové stroje (JUS), poloautomaty a automaty pracující v automatickém cyklu,
- stroje s řídící jednotkou – NC stroje,
- stroje s vlastním řídícím systémem – CNC stroje,
- popřípadě NC a CNC stroje řízené nadřazeným systémem. [11]

Před samotným obráběním je důležitý správný výběr obráběcího stroje. Tuto volbu ovlivňuje hlavně: druh obrábění, počet součástí, pracovní rozměry stroje, rozsah řezných parametrů, výkon stroje a cena. [19] Dalšími požadavky kladenými na stroj jsou hlavně hospodárnost, tuhost a přesnost stroje, bezpečnost, ergonomie a provozní spolehlivost. [11]

3.1 Vývoj obráběcích strojů

První NC stroje byly vyráběny již v 50. letech 20. století v USA, později docházelo k jejich značnému vývoji. V 60. letech bylo vyrobeno první obráběcí centrum a první pětiosá frézka, opět v USA. Postupem času docházelo k dalším rozvojem. V současnosti jsou stroje podporovány objemovým modelováním CAD/CAM systémů. [19]

Vyráběním těchto strojů dochází k velkému obratu firem. V poslední době došlo k útlumu z důvodu ekonomické krize. Podle posledních výsledků analýz, které se zabývají přehledem o světové situaci ve výrobě strojů, se drží na prvním místě Japonsko, dále Německo, USA. U japonských firem se jedná o stroje Hitachi, Okuma, Mazak. Tyto stroje jsou vyráběny s vyšší technickou úrovní než konvenční stroje. Ve velké míře se mluví o vysokorychlostních strojích, které se hlavně používají v malosériové a sériové výrobě. [19]



Obr. 3.1 – Víceprofesní soustružnické obráběcí centrum Mazak [21]

3.2 Vývoj technologie obrábění

Stále dochází ke zdokonalování technologie obrábění. Číslicově řízené stroje mají velký vliv na redukci výrobních časů. Strojní časy jsou snižovány díky velmi kvalitním vlastnostem řezných materiálů. Mezi hlavní směry rozvoje obrábění patří vysokorychlostní obrábění (HSC), suché obrábění (Dry Machining) a tvrdé obrábění (Hard Machining). [20]

- **Suché obrábění**

Suché obrábění souvisí s cílem minimalizovat použití řezných kapalin během obráběcího procesu. Jde o důvody ekologické a ekonomické. Společnost se snaží snížit náklady na nákup, skladování, filtraci, recyklaci odpadů. Tyto náklady tvoří až jednu pětinu celkových nákladů na obrábění. U suchého obrábění může dojít i ke zjednodušení strojů. U tohoto typu obrábění musí být dobře postaráno o odvod třísek z místa řezu. [20]

- **Tvrdé obrábění**

Hlavním úkolem této technologie je nahradit dokončovací technologie broušení tvrdých a kalených materiálů pomocí geometricky tvarovaným nástrojem. V oblasti tvrdého obrábění se používá jako řezný materiál PCBN – polykrystalický nitrid boru. Materiály, které jsou používány v daném obrábění, jsou kalené oceli s tvrdostí, která se pohybuje v rozmezí 55 – 64 HRC. Řezné rychlosti se pohybují kolem 110 – 125 m·min⁻¹. [20]

- **Vysokorychlostní obrábění - HSC**

Hlavním požadavkem na HSC obrábění je snaha zvýšit výkon, zlepšit kvalitu povrchu a životnost nástroje. [20]

Další charakteristikou HSC technologie je:

- zvýšení rychlostí obrábění materiálu 3x až 5x oproti konvenčnímu obrábění,
- zvýšení rychlosti posuvu 5x až 10x,
- snížení řezných sil asi o jednu třetinu spolu se zvýšením přesnosti obrábění tenkostěnných součástek a jejich snížení deformací,
- zvýšení stálosti rozměrů. [20]

Nejlepším vysvětlením HSC je porovnání s konvenčními technologiemi. Při obrábění konvenčními technologiemi dochází k mechanickému zpevnění a ztvrdnutí třísky oproti původnímu materiálu. Přítlačné síly a síly třecí mezi čelem nástroje a třískou dosahují vysokých hodnot a velké množství tepla, které vzniklo během tření, přechází do nástroje. To způsobuje difúzní procesy a vyvolává vylamování kráterků. Tvrdé a kalené materiály se s použitím těchto strojů nemohou obrábět, protože řezná rychlost u běžných materiálů a konvenčních strojů je omezena nadměrným opotřebením nástroje. [20]

V oblasti HSC obrábění extra tvrdými a tepelně odolnými nástroji, kdy se teplota třísky blíží až k teplotě tavení obráběného materiálu a při dané řezné rychlosti, dochází k náhlé změně metalurgických, chemických a mechanických vlastností třísky. Během daného procesu tříska velmi změkne a sníží přítlačnou sílu na čelo nástroje. Třecí síly a odpor pak klesnou, zvýší se rychlost odchodu třísky z kontaktní zóny a to vede

k omezení nárůstu tepla třísky. Pak při celkovém teple nedochází k působení difúze a vylamování čela. [20]

Parametry řezné rychlosti pro HSC

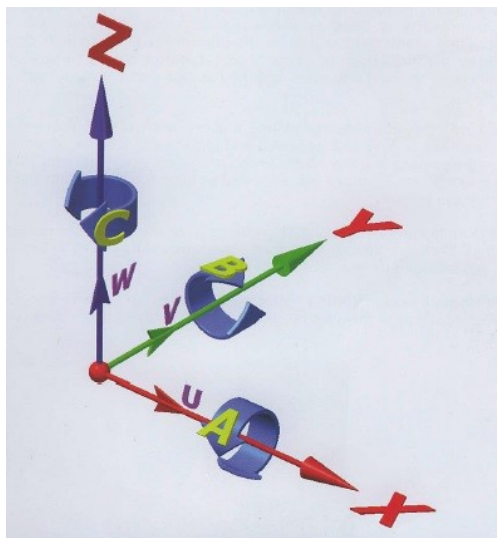
- Řezná rychlost:
 - ocel $v_c = 800 - 1\,000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
 - litina $v_c = 850 - 1\,050 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
 - slitiny hliníku $v_c = 3\,000 - 8\,000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. [10]

3.3 Stroje pro vysokorychlostní obrábění

HSC stroje jsou řazeny mezi stroje 4. generace NC strojů. Mají mnohokrát vyšší výkon a produktivitu. Není efektivní vyrábět jednoduché součásti na víceosém stroji. Stroje pracují během vícesměnného provozu v uzavřených buňkách, které jsou opatřeny manipulátory a zásobníky pro nástroje, popřípadě obrobky. Při dnešních běžných rychlostech posuvu je výměna nástroje dostatečně rychlá. Mezi nejčastěji používaná centra se řadí tříosá až pětiosá HSC centra pro nerotační obrobky a čtyřosá a pětiosá HSC soustružnická centra. Tyto stroje zajišťují rychlý odvod horkých třísek z pracovního prostoru. [19] Obráběcí stroje se používají také kvůli snížení vlastních upínacích operací, které jsou časově náročná. Většina dílů může být vyrobena v jedné nebo ve dvou fázích. [20]

3.4 Technologie víceosého obrábění

Pro obrábění složitých tvarů, forem a zápustek z litiny a oceli se používá HSC. Obráběcí centra jsou rozdělena na **horizontální** a **vertikální**. Dále podle počtu os: **tříosá, čtyřosá, pětiosá**, popřípadě rozšířená víceosá. Byly zaznamenány i případy s využitím 9 os, které je zobrazeno na obrázku pod textem. Také byly sestaveny stroje s více jak se 100 osami. [12]



Obr. 3.2 – Devítiosé značení [12]

Na obrázku č 3.2 jsou zakresleny a popsány osy pro devítiosé obrábění.

- Osy XYZ jsou lineární osy, kde osa Z představuje osu vřetena.
- ABC jsou osy rotující kolem os XYZ.
- UVW jsou rovnoběžné osy podél os XYZ. [12]

Obráběcí centra, která mají osu vřetene v poloze **horizontální**, jsou tříosé až pětiosé stroje na výrobu nerotačních obrobků skříňovitého tvaru. V tomto provedení jsou tři vzájemně kolmé neměnné řízené osy **X**, **Y** a **Z** v nástrojové části a dvě otočné osy **A** a **B** neproměnné obrobkové části. Existují další provedení pouze s dvěma osami X, Y a třemi osami v obrobkové části – Z, A, B. Další provedení mohou být například s otočným stolem, sklopným stolem nebo s pevnou upínací deskou. [12]

Obráběcí centra s **vertikální osou** vřetene jsou také tříosá až pětiosá, která slouží pro obrábění plochých nerotačních součástí. Ovládané osy **X**, **Y** a **Z** spolu s vřetenem jsou uloženy na pojízdném portálu. Obrobková proměnná část je tvořena pevným stolem, stolem otočným s krytem proti třískám, popřípadě stolem s vícenásobnými upínacími. [19]

U těchto strojů, jak je již zmíněno, je využito otočných stolů. Vždy když dochází k pohybu obrobku během procesu obrábění, dochází k vytváření chyb na obrobeném povrchu. S využitím otočných stolů je možno také využít speciálních fréz, kdy i při zvýšených posuvech a řezných rychlostech je přesnost dodržena. Použitím kratších nástrojů nedochází k jejich deformaci (průhybu), to vede k minimalizaci vibrací a výsledkem jsou pak jemné a dokonalé řezy. Dále nakloněním nástroje se nástroj dostane do požadované oblasti obrobku, a to vede ke zlepšení obrobeného povrchu, ale také ke zvýšení životnosti nástroje. [12]

Základní rozdělení konstrukce víceosých obráběcích strojů z pohledu pohybu mezi obrobkem – stolem a vřetenem – nástroje, je označováno:

stůl – stůl: stroje vyvozují rotační pohyb dvojitým otočným stolem, kdy primární otočný stůl nese sekundární,

hlava – stůl: stroje vyvozují rotační pohyb stolem, který nese obrobek a vřeteník s naklápěcím nástrojem,

hlava – hlava: dochází k pohybu vřeteníku (obráběcí hlavy stroje). [12]

Soustružnická centra s horizontální osou obrobkového vřetená slouží pro obrábění přírubových rotačních součástí s přídatnými nerotačními plochami. [19]

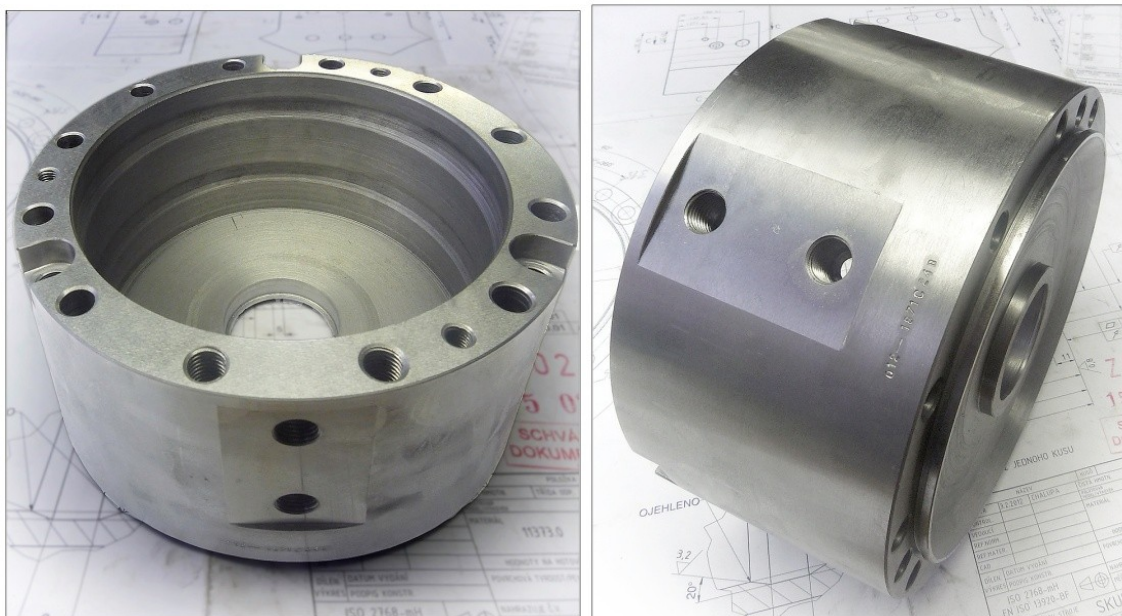
Parametry a vlastnosti vysokorychlostních strojů:

- několikanásobně vyšší instalovaný výkon,
- integrace operací,
- mnohem vyšší produktivnost,
- otáčky vřeten v rozsahu $n = 10\,000 - 80\,000 \text{ min}^{-1}$
- maximální výkon $P = 16 - 60 \text{ kW}$,
- redukce vedlejších časů,
- rychloposuvy $v_f = 90 - 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, pracovní posuvy $v_f = 10 - 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. [19]

4 ROZBOR PŮVODNÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

4.1 Vyráběná součást

Výrobní výkres *Tělesa motoru* je v **příloze A**. Hotová součást je vyobrazena na obrázku 4. 1. Poslední operací, která bude prováděna na součásti, je alkalické černění.



Obr. 4.1 – Těleso motoru

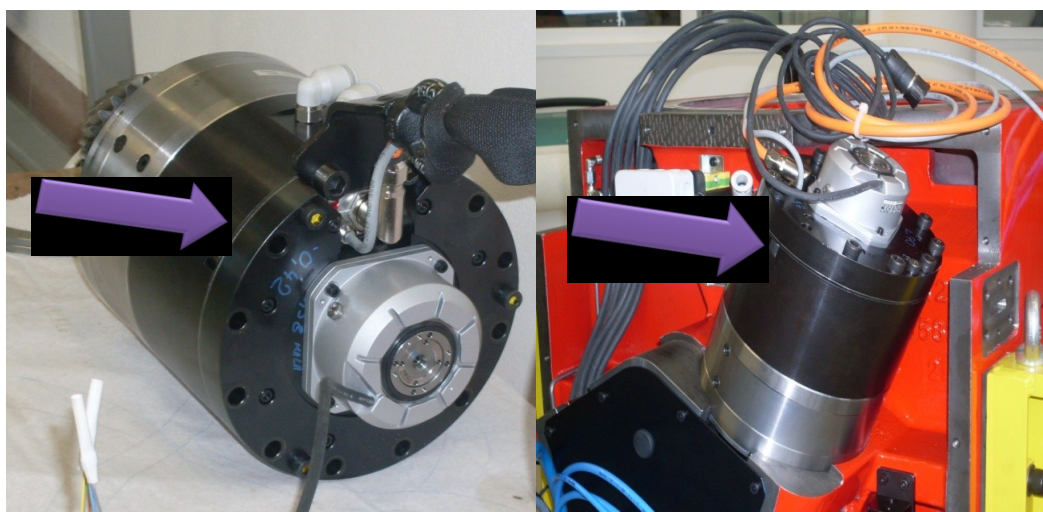
4.2 Popis vyráběné součásti

Těleso motoru je vyrobeno z jednoho kusu. Jedná se o rotační součást s otvory. Součást je po prvním hrubování žíhána na odstranění vnitřních pnutí a poté pískována. Protože součást je vyráběna s velkou přesností, musí být dosaženo zklidnění materiálu a jeho stabilizaci pro další obrábění. Teplota žíhání je 600 °C a následné ochlazení na vzduchu při teplotě 20 °C.



Obr. 4.2 – Dílec po tepelném zpracování

Těleso motoru je součástí elektromotoru, který slouží jako pohon pro frézovací hlavu u vysokorychlostního centra. Tato centra jsou vyráběna firmou TRIMILL, a. s.



Obr. 4.3 – Součást v sestavě

4.3 Popis materiálu součásti

Těleso motoru je vyrobeno z materiálu ocel 11523.0 ČSN 42 0002, dle značení ČSN EN 10027-1 je označena jako S335J0, který není tepelně zpracován.

Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel jemnozrnnou třídy 11. U těchto ocelí je zaručeno určité množství fosforu a síry. Ocel 11523 je vhodná pro svařování, a to téměř všemi metodami. Ovšem s rostoucí tloušťkou materiálu dochází ke vzniku studených

trhlin ve svarovém spoji. Proto je kladen velký důraz na svařovací parametry a opatření během svařování. [22] Ocel 11523 je využívána pro výrobu strojních dílů do automobilů a svařovaných konstrukcí.

Tab. 1 – Značení oceli 11 523 dle norem [23]

DIN	EN 10027 - 1	EC 10027 - 2	EN 10025:90	GOST
St52 – 3	S355J0	1.0553	Fe510C1	17GS

Tab. 2 – Chemické složení oceli [%] [23]

C	Mn	Si	P	S	Al
max. 0,20	max. 1,60	max. 0,55	max. 0,05	max. 0,045	max. 0,015

Tab. 3 – Mechanické vlastnosti oceli [23]

Mechanické vlastnosti		Normalizačně žíhané
Mez pevnosti	R _m [MPa]	510 – 680
Mez kluzu	R _e [MPa]	min. 355
Tažnost	A ₁₀ [%]	min. 22

4.4 Použité stroje a nástroje původní technologie

Pro běžné technologie je používáno konvenčních strojů, jako jsou soustruhy, frézky, vyvrtávačky, brusky, aj. Pro výrobu s použitím původní technologie byly použity následující stroje, které jsou ve vlastnictví firmy.

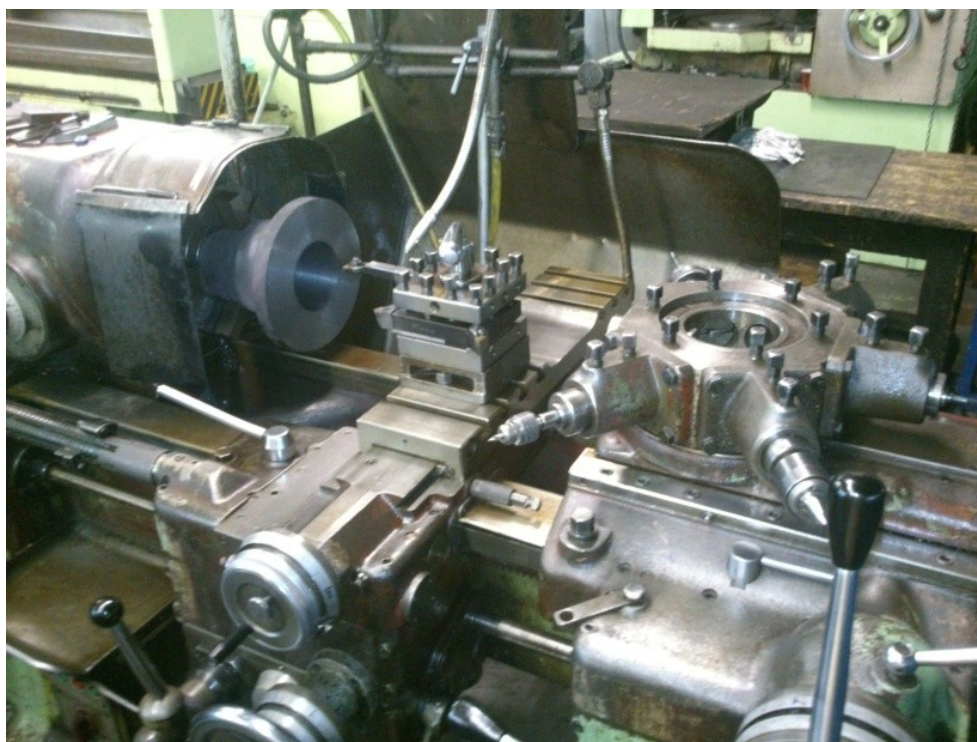
- **Revolverový soustruh SR50**

Jedná se o revolverový soustruh SR50. Je používán pro obrábění tyčovitého materiálu a součástí o střední velikosti. Součásti jsou upínány ve sklíčidle. Na stroji lze provádět operace jako je: vnitřní a vnější soustružení válcových a kuželových ploch, výroba závitů, vrtání. Stroj je také vybaven chladícím zařízením. [27]

Na tomto stroji bylo prováděno veškeré soustružení součásti (sražení čela, hrubování). Pomocí soustruhu byl zhotoven i zápich šíře 2,5 mm na Ø167 mm. Byl k tomu použit zapichovací nůž. Součást byla upnuta do sklíčidla. Výrobní čas byl zde 143 min a čas přípravný 37 min.

Tab. 4 – Technické parametry stroje [27]

Výška hrotů nad ložem	230	mm
Pohyb podélných saní suportu	510	mm
Pohyb příčných saní suportu	250	mm
Průměr sklíčidla	61	mm
Počet otáček v obou směrech	18	-
Rozsah otáček	28 - 1400	min ⁻¹
Výkon elektromotoru	9	kW
Délka x výška	3000 x 1350	mm
Hmotnost stroje	2400	kg



Obr. 4.4 – Soustruh SR 50

- **Radiální vrtačka VR4**

Radiální vrtačka VR4 má běžné uplatnění v zámečnické a strojírenské výrobě. Díky otočnému ramenu s vertikálním posunem je možno použít pro rozměrnější součásti. Současně můžeme využít možnost vrtání mimo prostor upínacího stolu. Slouží pro běžné operace jako je vrtání děr a řezání závitů.

Před samotným vrtáním byla součást upnuta na perfektor – magnetickou desku, orýsována a odúličkována. Stroj byl použit pro vrtání průchozích i neprůchozích děr různých průměrů a zhotovení závitu M8 a M12. Každý otvor byl navrtán navrtávkem Ø2 mm. Výrobní čas práce na vrtačce byl 75 min a příprava trvala 25 min.

Tab. 5 – Technické parametry stroje [26]

Výrobce	MAS KOVOSVIT
maximální svislé přenastavení ramena	700 mm
Maximální pohyb vřeteníku po rameni	945 mm
Kužel nástroje	Morse 4
Výkon hlavního elektromotoru	3 kW
Rozměry d x š x v	2290 x 910 x 2860 mm
Hmotnost stroje	2 800 kg



Obr. 4.5 – Radiální vrtačka VR4

- **Horizontální vyvrtávačka WHN 9B**

Horizontální vyvrtávačka slouží pro frézování a vyvrtávání středně velkých svařenců, kde je nutno dodržovat rovinnost a rovnoběžnost ploch ve spojení s kalibrickými otvory a drážkami. Je zde možnost využití pohybu v ose X, Y, Z se souběžnou rotací upínacího stolu. Přesnost vrtání se pohybuje v setinách milimetrů, 0,05mm. Nejčastěji je stroj využíván v kombinaci frézování, vrtání.

Součástí bylo důležité důkladně vyrovnat. Strojem byly zhotoveny zbývající otvory. Vyvrtávačka byla použita i pro řezání závitu G 1/4. Jedná se o trubkový závit se stálým průměrem, který je dán normou. Výrobní čas byl 35 min a čas přípravný 15 min.

Tab. 6 – Technické parametry stroje [28]

Kužel vřeteno	ISO 40	-
Pracovní průměr vřetene	90	mm
Pojezd osy X	1250	mm
Pojezd osy Y	900	mm
Pojezd osy Z	1000	mm
Rozměry stolu	1120 x 1000	mm
Výkon vřetene	20	kW
Otáčky hlavního vřetene	9 – 1120	min ⁻¹
Hmotnost stroje	12000	kg
Rozměry stroje	6400 x 3700 x 3500	mm



Obr. 4.6 – Horizontální vyvrtávačka WHN 9B

- **Bruska na vnitřní broušení BDU 250 B**

Bruska na vnitřní broušení BDU 250 B je určena pro přesné broušení válcových i kuželových otvorů v kusové a malosériové výrobě se zřetelem na broušení dlouhých otvorů u dlouhých součástí. Díky zvláštnímu příslušenství je možno volit nejvýhodnější technologické podmínky pro broušení nejrozumnějších druhů součástí.

Tab. 7 – Technické parametry stroje

Minimální průměr broušeného otvoru	10	mm
Maximální průměr broušeného otvoru	250	mm
Maximální zdvih podélného stolu	1 270	mm
Otáčky unášecího vřetene	25 – 450	min ⁻¹
Celkový přísuv brusného kotouče v cyklu	2	mm / Ø
Hmotnost stroje	4 800 kg	kg

- Bruska na plocho BPH 20N**

Bruska *na plocho* slouží pro obrábění rovinných ploch pomocí brusného kotouče. Používá se na dokončovací broušení. Přesnost broušení se pohybuje v tisícinách milimetrů. Obrobky jsou upnuty pomocí magnetické desky.

Tab. 8 – Technické parametry stroje [29]

Upínací plocha stolu	200 x 630	mm
Největší hmotnost obrobku	140	kg
Svislý pohyb vřetena	350	mm
Rozměry stroje d x š x v	2460 x 1350 x 1480	mm
Hmotnost stroje	1380	kg



Obr. 4.7 – Bruska na plocho

- Bruska vnějších průměrů BUA25**

Bruska slouží pro obrábění vnější průměrů.

Tab. 9 – Technické parametry stroje [30]

Max. průměr broušení	315	mm
Max. délka broušení	2000	mm
Oběžný průměr	315	mm
Vzdálenost mezi hroty	2000	mm
Výkon elektromotoru	7,5	kW
Hmotnost stroje	6500	kg



Obr. 4.8 – Bruska vnějších průměrů

Tyto stroje byly použity na dokončovací operace. A to broušení průměrů $\varnothing 52H8$, $\varnothing 160H8$ a $\varnothing 170g6$. Dále pro dokončení plošky. Výrobní a přípravný čas brusky *na plocho* byl 20 min a 10 min. *Brusky vnitřních průměrů* 30 min a 10 min a pro *brusku vnějších průměrů* byly časy 17 min a 8 min.

Důležitá je také kontrola a proměření součástí. Ve firmě FLOW TECH kvalifikovaní kontroloři používají přesné měřicí přístroje.

- **MICRO – HITE 900**

Jedná se o 2D měřicí přístroj, který dokáže změřit vnější, vnitřní rozměry, úhly, kolmost, přímost, rovinnost, průměry a jejich odchylky. Měřič je napájen pomocí akumulátoru. Přístroj může pracovat v rozmezí teplot 10 °C – 40 °C.



Obr. 4.9 – Měřicí přístroj MICRO – HITE 900

- **WENZEL LH87**

Jedná se o 3D měřicí přístroj WENZEL LH87, který je vybaven elektromotory, které slouží jako pohony pro všechny osy. Joystick slouží pro manuální ovládání nebo pro automatické řízení NC program. Tento přístroj pracuje s velkou přesností pomocí čidla. [31]

Tab. 10 – Technické parametry stroje [32]

Pojezd v ose X	800	mm
Pojezd v ose Y	2000	mm
Pojezd v ose Z	700	mm
Pracovní stůl	2780 x 1040	mm
Hmotnost stroje	1200	kg



Obr. 4.10 – Měřicí přístroj WENZEL LH87

- **Nástroje**

Použité nástroje firma vlastní. Vrtáky a navrtáváky jsou monolitní nástroje vyrobeny z rychlořezné oceli (RO). Soustružnické nože, zapichovací nože a frézy mají destičku buď pájenou, nebo ze slinutého karbidu. Všechny nástroje, kromě nástrojů s vyměnitelnou destičkou, jsou přebrušovány v brusírně, která je součástí podniku.



Obr. 4.11 – Nůž na dokončení otvorů

- **Dokončení výroby**

Součást po dokončení výroby je černěna. Doba černění je přibližně jednu hodinu. Jedná se přesněji o alkalické černění – alkalickou oxidaci, která slouží jako dekorativní povlak, ale v tomto případě jde hlavně o korozní ochranu.

Nakonec dochází ke konzervaci a expedici součástí. Konzervuje se dle podnikové normy PN 002 / 99 a ukládá dle organizačních směrnic OS 015 / 99. Celkový čas operace je 15 min.

4.5 Technologický postup původní technologie

Firma FLOW TECH se výrobou těchto součástí zabývá tak 5x za čtvrt roku. Velikost vyráběné součásti se pohybuje až do průměru 700 mm.

U běžných technologií si nástroje a technické parametry ve firmě volí kvalifikovaní pracovníci sami. Původní technologický postup v podobě tabulky je uveden v **příloze B**. Skládá se z operací, kde u každé z nich je uveden její popis, řezné parametry, použité nástroje a časy pro jeden kus. Na obrázcích 4. 12 a 4. 13 jsou ukázky soustružení.



Obr. 4.12 – Ukázka soustružení zápichu



Obr. 4.13 – Ukázka soustružení vnějšího průměru

5 ROZBOR NOVÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

V nové technologii výroby dochází ke změně strojů z konvenčních na obráběcí centra. Tyto stroje pracují s větší přesností. Hlavním důvodem výměny strojů jsou jejich technické parametry, a to například větší rozsah otáček, větší posuvy nebo automatizovaná výměna nástroje. Přípravný čas se pohybuje kolem 25 min a to z důvodu přesného upnutí a zaměření obrobku. Co se týče časů jednotkových, ty jsou v porovnání se stroji konvenčními mnohem kratší. To vše má velký vliv na podíl zmetkovitosti ve výrobě a finanční stránku celé zakázky.

Stroje, které jsou níže uvedeny, jsou ve vlastnictví firmy, takže nedochází k dalším nákladům.

5.1 Stroje nové technologie

- **Hrotový univerzální soustruh MASTURN 550 CNC**

Soustruh MASTURN 550 je používán pro přesné soustružnické práce, a to pro soustružení tvarově složitých, povrchových, čelních, ale také i pro vnitřní plochy. Pro výrobu závitů jak válcových, tak i kuželových. Soustruh je vybaven 8 polohovou nástrojovou hlavou a obsahuje korekci pro 99 nástrojů. Stroj může být obsluhován manuálně, jako u konvenčních strojů nebo je zde možnost plné automatizace pomocí CNC systému. Hotový dílec je vyroben s vysokou přesností. Další předností stroje je výkonnost, jednoduchá obsluha a konstantní řezná rychlost. [25]

Soustruh MASTURN má nahradit všechny operace konvenčního soustruhu SR50. Pracuje s větší přesností. Přípravný čas se zde pohybuje kolem 25 min z důvodu kvalitního upnutí a přípravy nástrojů. Výrobní čas oproti času původní technologie je mnohem kratší. Veškerá výroba na soustružnickém centru MASTURN trvá 50 min. Velkým výrobcem soustružnických center MASTURN 550 CNC v České republice je firma KOVOSVIT MAS.



Obr. 5.1 – Hrotový univerzální soustruh MASTURN 550 CNC [25]

Tab. 11 – Technické parametry stroje [25]

Řídicí systém HEIDENHAIN MANUAL plus 4110	
Pracovní rozsah 800 / 1 500	
Oběžný průměr nad ložem	550 mm
Vzdálenost hrotů	900 / 1 600
Hlavní pohon	
Výkon motoru	17 kW
Automatická dvoustupňová převodovka	
Nástrojová hlava	8 polohová revolverová hlava
Rozsah otáček	0 – 3 000 min ⁻¹
Osa X – max. zdvih	285 mm
Osa Z – max. zdvih	890 / 1 590 mm
Koník	
Kužel dutiny v pinole	MORSE 5
Rozměry stroje	
Délka x šířka x výška	2 538 / 3 238 x 1 920 x 1 755 mm
Hmotnost	3 200 (3 400) kg
Výkon	2,5 kW
Max. otáčky	3 000 min ⁻¹

- **Vertikální frézovací centrum MCFV 1060**

Vertikální frézovací centrum, které bylo použito, bylo vyrobenou firmou TAJMAC - ZPS. Stroj je tvořen dvěma stacionárními odlitky, a to základnou a na ní upevněným stojanem. Všechny pohyby jsou realizovány pomocí lineárního vedení s valivými elementy. Díky jejich dimenzování a umístění je dovoleno vysoké zatížení stolu, suportu a vřeteníku při zachování vysoké přesnosti rozměrů a kvality povrchu. [24]

Radiální vrtačka VR4 a horizontální vyvrtávačka VHN 9B byly nahrazeny obráběcím centrem MCFV 1060. Tato výměna měla za úkol urychlit výrobu. Opět se jedná o plně automatizovaný stroj, kde je rychlá výměna nástrojů a jednoduchá obsluha. Nejdůležitější je důkladné vyrovnaní a najetí na osy. Pak výroba probíhá velmi rychle, během 160 min. Stroj pak obrábí dle pokynu NC programu.



Obr. 5.2 – Vertikální frézovací centrum MCFV 1 060

Tab. 12 – Technické parametry stroje [24]

Řídicí systém HEIDENHAIN	
Osa X (pracovní stůl)	1 016 mm
Osa Y (křížový suport)	610 mm
Osa Z (vřeteník)	760 mm
Rychloposuv	40 m /min
Pracovní plocha	1270 x 590 mm
Počet míst zásobníku	30
Čas výměny nástroje	3,5 s

5.2 Technologický postup nové technologie

Technologický postup nové technologie je také uveden v **příloze C**. Opět se jedná o tabulkový TP, ve kterém je obsažen popis operací spolu s nástroji a řeznými parametry.

V nové technologii bylo využito obráběcí centrum MCFV 1060 a soustružnické centrum MASTURN 550 CNC. NC program pro soustruh MASTURN a frézovací centrum MCFV 1060 dodá konstruktér. Pro výrobu na konvenčních strojích si řezné parametry a nástroje opět volí kvalifikovaní pracovníci.

6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Strojní časy jsou uvedeny celkově u každé operace pro jeden kus. Časy u daných operací byly získány ze zkušeností pracovníků firmy.

6.1 Porovnání původní a nové technologie

U původní technologie byly použity následující stroje: soustruh, radiální vrtačka, horizontální vyvrtávačka, bruska na plocho, na vnitřní otvory a naplocho. Z přechodu na novou technologii došlo ke změně strojů při výrobě. Konvenční stroje byly nahrazeny progresivnějšími stroji.

Následující změna byla:

- soustruh SR 50 za soustruh MASTURN 550 CNC,
- horizontální vyvrtávačka za VF centrum MCFV 1 060,
- radiální vrtačka V4 za VF centrum MCFV 1 060.

6.2 Výpočet úspory

- **Původní technologie**

$$T_{CP} = t_{BC} + t_{AC} \quad (6.1)$$

$$T_{CP} = 235 + 1625$$

$$T_{CP} = 1860 \text{ min}$$

kde: T_{CP} ... celkový čas původní technologie výroby pro 1 součást

t_{BC} ... celkový přípravný čas

t_{AC} ... celkový výrobní čas

- **Nová technologie**

$$T_{CN} = t_{BC} + t_{AC} \quad (6.2)$$

$$T_{CN} = 228 + 1577$$

$$T_{CN} = 1805 \text{ min}$$

kde: T_{CN} ... celkový čas nové technologie výroby pro 1 součást

- **Průměrnou hodinovou sazbu stroje, která mi byla sdělena pracovníkem firmy je 520 Kč.**

$$HS = 520 \text{ Kč}$$

kde: HS ... hodinová sazba stroje

- **Úspora v časech je pak rozdíl původní a nové technologie.**

$$T_U = T_{CP} - T_{CN} \quad (6.3)$$

$$T_U = 1860 - 1805$$

$$T_U = 55 \text{ min}$$

$$T_U = 0,92 \text{ hod}$$

- **Úspora na jednom kusu je pak součin úspory v časech a hodinové sazby stroje.**

$$U = T_U * HS \quad (6.4)$$

$$U = 0,92 * 520$$

$$U = 478 \text{ Kč}$$

kde: T_U ... úspora času

U ... úspora na jednom kusu

- **Shrnutí**

Součtem jednotkového a přípravného času jsme dostali celkový čas jak původní, tak i nové technologie. Rozdíl časů je znatelný na první pohled. Z 1860 min byl čas snížen na 1805 min. Celková úspora času tedy je 55 min. Průměrná hodinová sazba stroje, podle firemních záznamů, je 520 Kč. Díky výměně strojů úspora na jeden kus činí 478 Kč. Za celý kalendářní rok to pak je 9560 Kč.

7 ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce byl návrh nové technologie výroby *Tělesa motoru* pro firmu FLOW TECH, s. r. o. Na začátku práce byl proveden rozbor původní technologie výroby, použitých strojů a jejich technických parametrů. Poté přišel na řadu návrh nové technologie výroby. Došlo k výměně konvenčních strojů za stroje progresivní – obráběcí centra.

Výsledkem celého řešení, které je zpracováno v bakalářské práci, je návrh nové technologie výroby *Tělesa motoru*. Výměnou strojů, které mají lepší technické parametry, došlo k urychlení výroby. Stroje, které jsou navrženy, mají jednoduchou obsluhu a pracují s plnou automatizací pomocí NC programu. Také díky rychlejší výměně nástrojů, nižšího počtu upnutí a celkově vyšší dosažené přesnosti došlo ke snížení jednotkového času s drobným nárůstem času přípravného. U návrhu nové technologie výroby byl přípravný čas 228 min a jednotkový 1577 min. V porovnání s původní technologií je čas liší. Celkový výrobní čas součásti klesnul z 1860 min na 1805 min. Úspora času tedy je 55 min, a ta může být dále využita efektivněji pro další práci.

Průměrná hodinová sazba stroje, která byla sdělena pracovníkem firmy, činí 520 Kč. Celková úspora, která spadá na výrobu součásti, je 478 Kč. Firma FLOW TECH, s. r. o. vyrábí tuto součást 5x za čtvrt roku. Pak za celý kalendářní rok tato částka vzroste na 9560 Kč. To je nezanedbatelné a pro firmu je to pozitivní výsledek.

Přílohy, které jsou součástí práce, obsahují výrobní výkres součásti, technologický postup původní a nové technologie výroby.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat Ing. Lence Petřkovské, Ph.D. za cenné rady při vypracování mé bakalářské práce. Ing. Zdeňku Šalandovi za to, že mi umožnil psát práci v rámci firmy FLOW TECH, s. r. o, všem pracovníkům firmy a hlavně své rodině za velkou podporu při studiu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ENERGY web. Motor. *Energyweb.cz* [online]. © Simopt, s.r.o. 1999 - 2002 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=motor.html
- [2] Historie a současnost letectví. Rotační motor. *Historieletectvi.xf.cz* [online]. ©2013 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: <http://www.historieletectvi.xf.cz/index1.htm>
- [3] MM Spektrum. Praktické aplikace lineárních motorů. In: *MM spektrum 2013: 9.5. 2001: Trendy / Pohony* [online]. 2013 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prakticke-aplikace-linearnich-motoru.html>
- [4] RAVEO motion. Lineární motory. *Raveo.cz* [online]. ©2013 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/linearni-motory-prehled>
- [5] KÜNSLER, Viktor. Drátové řezačky s lineárními pohony v ekonomické třídě. In: *MM spektrum 2013: 1. 9. 2010: Trendy / IMT* [online]. 2013 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/dratove-rezacky-s-linearnimi-pohony-v-ekonomicke-tride.html>
- [6] Fyzmatik. Hvězdicový motor. *Fyzmatik.pise.cz* [online]. ©fyzmatik [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/254-hvezdicovy-motor.html>
- [7] TRNKA, Jaroslav a Jaroslav Urban. *Spalovací motory*. Bratislava: ALFA, 1992, 554 s. ISBN 80-05-01081-8.
- [8] Tuning.as. *Spalovací motory – teorie 1. část*. *Tuning.as* [online]. ©2009, poslední aktualizace 5. 3. 2009 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: <http://www.tuning.as/cz/spalovaci-motory-teorie/>
- [9] ROUBÍČEK, Ota. *ELEKTRICKÉ MOTORY A POHONY: Příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. Praha: BEN – technická literatura, 2008, 192 s. ISBN 978-80-7300-092-9.
- [10] MAREK, Jiří, kolektiv. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Praha: MM publishing, s. r. o, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [11] VELÍŠEK, Karol. *OBRÁBACÍ STROJE*. Bratislava: STU, 2001, 207 s. ISBN 80-227-1498-4.
- [12] APRO, Karlo. *Secrets of 5-Axis Machining*, Industrial Press, Inc: New York, 2008, pp. 172. ISBN 978-0-8311-3375-7.
- [13] Technika – pohony. Lineární pohony. In: *HIWIN.cz* [online]. 11, 2004 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.hiwin.cz/pdf/clanek_o_linearnich_motorech_-_technika_a_trh.pdf
- [14] GVN. Tepelné stroje. In: *GVN.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://new.gvn.cz/files/tepeln___stroje1.pdf
- [15] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory a vstřikování paliva*. Praha: Computer Press, 2004, 388 s. ISBN 80-251-0207-6.
- [16] INIZIO. Střední průmyslová škola stavební. *Spsstavcb.cz* [online]. 2013, [cit. 2013-01-12]. Dostupné z: http://www.spsstavcb.cz/download2/633_1172_cs_motory.pdf

-
- [17] VRÁNA, Václav. *ELEKTRICKÉ STROJE: rozdělení, druhy provedení, vlastnosti, dimenzování*. [online]. VŠB – TUO, ©2013 [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/04_el_stroje.pdf
- [18] VIKHOLM, Helena. Biopaliva – nadějná alternativa blízké budoucnosti. In: *MMSpektrum.cz* [online]. 11. 10. 2006 [cit. 2013-02-19]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/biopaliva-nadejna-alternativa-blizke-budoucnosti.html>
- [19] BRYCHTA, J., R. ČEP a J. PETRŮ. *VÝROBNÍ STROJE OBRÁBĚCÍ*. Ostrava: VŠB – TECHNIKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2013, 145 s. ISBN 978-80-248-2941-8.
- [20] POPPEOVÁ, V., N. ČUBOŇOVÁ, J. URÍČEK a D. KUMIČÁKOVÁ. *AUTOMTIZÁCIA STROJÁRSKEJ VÝROBY*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2002, 229 s. ISBN 80-8070-009-5.
- [21] SVOBODA, Ondřej. Víceosé obrábění – optimální směr pro růst průmyslu. In: *Misan.cz* [online]. 13. 2. 2012 [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/clanky/2012-02-13-viceose-obrabeni-8211-optimalni-smer-pro-rust-prumyslu/>
- [22] Bohdan Bolzano. Technická příručka. *Bolzano.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/>
- [23] CZ FERRO Steel. ČSN 11523 – konstrukční ocel. *Czferrosteel.cz* [online]. © 2011 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky4-11523.pdf>
- [24] TAJMAC – ZPS. Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060. *Tajmac-zps.cz* [online]. © 2012 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCFV-1060>
- [25] KOVOSVIT MAS. MASURN 550 CNC. *Kovosvit.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/masturn-550-cnc/>
- [26] Fermat Machinery. Vrtačka radiální VR 4. *Fermatmachinery.com* [online]. © 2010 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/vrtacka/radialni/vr-4-cs-121914/>
- [27] MIVA ZLÍN. Revolverový soustruh SR 50. *Mivazlin.cz* [online]. © 2000-2011 [cit. 2013-05-2]. Dostupné z: <http://www.mivazlin.cz/techdata/sr50a.php>
- [28] TDZ PATNERS. Vodorovná vyvrtávačka WHN 9B. *Tdzpartners.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: http://www.tdzpartners.com/index.php?company=pouzite_stroje&id_nomen=0100000000000145
- [29] Stroje HEINC. Bruska na plocho BPH 20 N. *Stroje-heinc.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.stroje-heinc.cz/732/bruska-na-plocho-bph-20-na>
- [30] Fermat Machinery. Bruska hrotová BHU 32. *Fermatmachinery.com* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/bruska/hrotova/bhu-32-cs-092924/>
- [31] SMART TECHNOLOGIES IN THE WORLD OF COMPOSITES. WENZEL. *5m.cz* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.5m.cz/cz/3d-mereni/>
- [32] HiTEGA, The Spirit of Precision. WENZEL LH87. *Hitega.de* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://www.hitega.de/83.0.html?L=1>
-

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 – Hvězdicový rotační motor	11
Obr. 2.2 – Lineární motor	12
Obr. 2.3 – Čtyřdobý zážehový motor	14
Obr. 2.4 – Spalovací motor	15
Obr. 2.5 – Schéma indukčního motoru	17
Obr. 3.1 – Víceprofesní soustružnické obráběcí centrum Mazak	19
Obr. 3.2 – Devítiosé značení	22
Obr. 4.1 – Těleso motoru	24
Obr. 4.2 – Dílec po tepelném zpracování	25
Obr. 4.3 – Součást v sestavě	25
Obr. 4.4 – Soustruh SR 50	27
Obr. 4.5 – Radiální vrtačka VR4	28
Obr. 4.6 – Horizontální vyvrtávačka WHN 9B	29
Obr. 4.7 – Bruska naplocho	30
Obr. 4.8 – Bruska vnějších průměrů	31
Obr. 4.9 – Měřicí přístroj MICRO – HITE 900	32
Obr. 4.10 – Měřicí přístroj WENZEL LH87	33
Obr. 4.11 – Nůž na dokončení otvorů	33
Obr. 4.12 – Ukázka soustružení zápichu	34
Obr. 4.13 – Ukázka soustružení vnějšího průměru	34
Obr. 5.1 – Hrotový univerzální soustruh MASTURN 550 CNC	36
Obr. 5.2 – Vertikální frézovací centrum MCFV 1 060	37

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Výrobní výkres součásti
Příloha B	Technologický postup původní technologie
Příloha C	Technologický postup nové technologie

PŘÍLOHA B – Technologický postup původní technologie

TECHNOLOGICKÝ POSTUP PŮVODNÍ TECHNOLOGIE				
ČÍSLO DÍLU	NÁZEV	POLOTOVAR	MATERIÁL	DATUM
012-1871C24B	Těleso motoru	TYČ KR 210-120 ČSN 42 6510	11 523.0	3. 2. 2013

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
1	Řezání	Rámová pila		15	10
1.1	Dělit materiál dle rozpisky	Pilový pás	$v_c=40 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$		
2	Soustružení	Soustruh SR50		65	15
2.1	Hrubuje s přídávkem 2mm na plochu, hrubuje Ø160H8 na délce 95,5 mm; Ø48	Ubírací nůž, navrtávák, vrták, vnitřní nůž, stranový nůž (hrany)	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=280 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=330 \text{ min}^{-1}$ $f=0,51 \text{ mm}$		
3	Tepelné zpracování	Kalírna		1200	70
3.1	Žíhání ke snížení vnitřních pnutí + pískování	Elektrická pec + litinová drť (0,3÷0,5) mm + pískovací komora	$T=600^\circ \text{ C}$ $v_h=50^\circ \text{ C/h}$ $v_{ch}=60^\circ \text{ C/h}$ $t=4 \text{ h}$		
4	Soustružení	Soustruh SR50		40	10
4.1	Srazit čelo Ø200	Ubírací čelní nůž	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=240 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ min}^{-1}$ $f=0,17 \text{ mm}$		
4.2	Zhotovit Ø200 na délce 101 mm hotově + přídavek na broušení (0,2÷0,3) mm	Ubírací nůž pravý	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=317 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ min}^{-1}$ $f=0,17 \text{ mm}$		
4.3	Ø170g6 na míru 95,5 mm + přídavek na broušení; srazit hranu 0,5x45°	Ubírací nůž pravý, stranový nůž	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=176 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=330 \text{ min}^{-1}$ $f=0,71 \text{ mm}$		
4.4	Zhotovit odsazení Ø62, hloubky 2,5 mm	Přímý stranový	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=317 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=1627 \text{ min}^{-1}$ $f=0,17 \text{ mm}$		
4.5	Zhotovit vybrání Ø167, hloubky 8x50°, zhotovit zápich 2,5 na Ø167	Přímý stranový nožovou hlavu otočit o 45°, zapichovací nůž	$v_c=317 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=503 \text{ min}^{-1}$ $f=0,19 \text{ mm}$		
4.6	Přepne				

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
4.7	Soustružení	Soustruh SR50		38	12
4.8	Srazit čelo $\varnothing 200$	Ubírací čelní nůž	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=240 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ min}^{-1}$ $f=0,17 \text{ mm}$		
4.9	Dokončit otvor $\varnothing 160\text{H8}$ na délce 95,5 mm	Speciální nůž na otvory	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=243 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=350 \text{ min}^{-1}$ $f=0,25 \text{ mm}$		
4.10	Zhotovit zápich šíře 8 mm do hloubky 1,5 mm, 2x hotově; srazit hrany, detail D	Zapichovací nůž; úprava	$v_c=142 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=282 \text{ min}^{-1}$ $f=0,18 \text{ mm}$		
4.12	Dokončit otvor $\varnothing 48\text{mm}$	Vnitřní nůž	$v_c=175 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=1161 \text{ min}^{-1}$ $f=0,19 \text{ mm}$		
4.13	$\varnothing 52 \text{ H8}$ + přídavek na broušení; srazit hrany $1,5 \times 45^\circ$, ojehtit hrany	Vnitřní ubírací pravý + natočení nožové hlavy 15° pro hranu $1,5 \times 15^\circ$	$v_c=214 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=350 \text{ min}^{-1}$ $f=0,40 \text{ mm}$		
4.14	Přepne				
5	Vrtání	Radiální vrtačka V4		75	25
5.1	„RYS“, upne na perfektor, orýsuje, odúličkuje	Rýsovací jehla			
5.2	Navrtat, vrtat $15 \times \varnothing 10,3$; 2x pro M12, hl. průchozí; řeže závit M12	Navrtávák $\varnothing 2$ Vrták $\varnothing 10,3$ (RO) Závitníky (závitová hlava)	$v_c=95 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=2936 \text{ min}^{-1}$ $f=0,21 \text{ mm}$		
5.3	Navrtat, vrtat $3 \times \varnothing 6,4$ pro M8, hloubka 22 mm, řeže závit M8	Navrtávák $\varnothing 2$ Vrták $\varnothing 6,4$ (RO) Závitník (závitová hlava)	$v_c=95 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=4725 \text{ min}^{-1}$ $f=0,19 \text{ mm}$		
5.4	Přepne				
6	Vyvrtávání	Horizontální vyvrtávačka VHN 9B		35	15
6.1	Vyrovnat, najede osy				

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
6.2	Navrtat ,vrtat 2 x Ø7	Navrtávák, vrták Ø7 (RO)	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=4320 \text{ min}^{-1}$ $f=0,19 \text{ mm}$		
6.3	Navrtat, vrtat 2 x Ø11,8 pro G1/4, hloubka 14 mm, řeže závit G1/4	Navrtávák vrták Ø11,8 (RO), závitník	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=2563 \text{ min}^{-1}$ $f=0,21 \text{ mm}$		
6.4	Frézovat plošku šíře 66 mm na míru 98 mm	Čelní fréza	$v_c=174 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=1107 \text{ min}^{-1}$ $f_z=0,17 \text{ mm}$		
6.3	Frézovat zahloubení 3 x Ø18, hloubky 11 mm	Drážkovací fréza	$v_c=190 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=3780 \text{ min}^{-1}$ $f_z=0,05 \text{ mm}$		
6.4	Přepne				
	Broušení	Bruska na plocho		20	10
7.1	Dokončit čela na sílu 101 mm	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
7.2	Dokončit drážku + 66 na míru 98, přešetit hrany	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
7.3	Přepne + upne				
	Broušení	Bruska otvorů		30	10
8.1	Brousit, Ø52H8, přešetit hrany, Ø160H8	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
8.2	Přepne				
	Broušení	Bruska na kulato		17	8
9.1	Brousit Ø170g6 a čelo na míru 95,5 mm	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
10	Nástrojař			20	15

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
10.1	Dořeže závit 2 x M12 délky 18 mm, 3 x M18 délky 14 mm, 2 x G1/4 délky 14 mm, ojehlit, značit dílec	Sada závitníků, pilník, raznice č. 3			
11	Povrchové úpravy			60	30
11.1	Alkalické černění				
12	Konzervace a expedice			10	5
12.1	Očistit, konzervovat dle PN 002/99, balit, uložit dle OS 015/99, připravit k expedici	Paletový vozík, balicí papír			
	CELKEM		1625 min		
			235 min		

PŘÍLOHA C – Technologický postup nové technologie

TECHNOLOGICKÝ POSTUP PŮVODNÍ TECHNOLOGIE				
ČÍSLO DÍLU	NÁZEV	POLOTOVAR	MATERIÁL	DATUM
012-1871C24B	Těleso motoru	TYČ KR 210-120 ČSN 42 6510	11 523.0	3.2.2013

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{Ac}	t _{Bc}
1	Řezání	Rámová pila		15	10
1.1	Dělit materiál dle rozpisky	Pilový pás	$v_c=40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
2	Soustružení	Masturn 550	NC program	20	25
2.1	Hrubuje s přídávkem 2mm na plochu, hrubuje $\varnothing 160\text{H8}$ na délce 95,5 mm; $\varnothing 48$	Ubírací nůž, navrtávák, vrták, vnitřní nůž, stranový nůž (hrany)	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=320 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=550 \text{ min}^{-1}$ $f=0,75 \text{ mm}$		
3	Tepelné zpracování	Kalírna		1200	70
3.1	Žihání ke snížení vnitřních pnutí + pískování	Elektrická pec + litinová drť (0,3÷0,5) mm + pískovací komora	$T=600^\circ \text{C}$ $v_h=50^\circ \text{C/h}$ $v_{ch}=60^\circ \text{C/h}$ $t=4 \text{ h}$		
4	Soustružení	Masturn 550	NC program	15	10
4.1	Srazit čelo $\varnothing 200$	Ubírací čelní nůž	$a_p=1,5 \text{ mm}$ $v_c=320 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ $f=0,35 \text{ mm}$		
4.2	Zhotovit $\varnothing 200$ na délce 101 mm hotově + přídavek na broušení (0,2÷0,3) mm	Ubírací nůž pravý	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=310 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ min}^{-1}$ $f=0,17 \text{ mm}$		
4.3	$\varnothing 170\text{g6}$ na míru 95,5 mm + přídavek na broušení; srazit hranu $0,5 \times 45^\circ$	Ubírací nůž pravý, stranový nůž	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=240 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=330 \text{ min}^{-1}$ $f=0,71 \text{ mm}$		
4.4	Zhotovit odsazení $\varnothing 62$, hloubky 2,5 mm	Přímý stranový	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=350 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=1627 \text{ min}^{-1}$ $f=0,25 \text{ mm}$		

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
4.5	Zhotovit vybrání Ø167, hloubky 8x50°, zhotovit zápich 2,5 na Ø167	Přímý stranový nožovou hlavu otočit o 45°, zapichovací nůž	$v_c=350 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=503 \text{ min}^{-1}$ $f=0,20 \text{ mm}$		
4.6	Přepne				
4.7	Soustružení	Masturn 550	NC program	15	15
4.8	Srazit čelo Ø200	Ubírací čelní nůž	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=320 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=505 \text{ min}^{-1}$ $f=0,25 \text{ mm}$		
4.9	Dokončit otvor Ø160H8 na délce 95,5 mm	Speciální nůž na otvory	$a_p=2 \text{ mm}$ $v_c=270 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=350 \text{ min}^{-1}$ $f=0,25 \text{ mm}$		
4.10	Zhotovit zápich šíře 8 mm do hloubky 1,5 mm, 2x hotově; srazit hrany, detail D	Zapichovací nůž; úprava	$v_c=142 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=282 \text{ min}^{-1}$ $f=0,18 \text{ mm}$		
4.12	Dokončit otvor Ø48mm	Vnitřní nůž	$v_c=175 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=1161 \text{ min}^{-1}$ $f=0,19 \text{ mm}$		
4.13	Ø 52 H8 + přidavek na broušení; srazit hrany 1,5x45°, ojehtit hrany	Vnitřní ubírací pravý + natočení nožové hlavy 15° pro hranu 1,5 x 15°	$v_c=214 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=350 \text{ min}^{-1}$ $f=0,40 \text{ mm}$		
4.14	Přepne				
5	Obrábění	Obr. centrum MCFV 1060	NC program	160	25
5.1	Navrtá, najede osy	Měřicí sonda			
5.2	Navrtat, vrtat 15 x Ø10,3; 2x pro M12, hl. průchozí; řeže závit M12	Navrtávák Ø2 Vrták Ø10,3 (RO) Závitníky (závitová hlava)	$v_c=120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=2936 \text{ min}^{-1}$ $f=0,21 \text{ mm}$		
5.3	Navrtat, vrtat 3 x Ø6,4 pro M8, hloubka 22 mm, řeže závit M8	Navrtávák Ø2 Vrták Ø6,4 (RO) Závitník (závitová hlava)	$v_c=120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n=4725 \text{ min}^{-1}$ $f=0,26 \text{ mm}$		

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
5.4	Navrtat, vrtat 2 x Ø7	Navrtávák, vrták 7Ø (RO)	$v_c=120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=4320 \text{ min}^{-1}$ $f=0,22 \text{ mm}$		
5.5	Navrtat, vrtat 2 x Ø11,8 pro G1/4, hloubka 14 mm, řeže závit G1/4	Navrtávák, vrták Ø11,8 (RO), závitník	$v_c=120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=2563 \text{ min}^{-1}$ $f=0,25 \text{ mm}$		
5.6	Frézovat plošku šíře 66 mm na míru 98 mm	Čelní fréza	$v_c=350 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=1107 \text{ min}^{-1}$ $f_z=0,25 \text{ mm}$		
5.7	Frézovat zahloubení 3 x Ø18, hloubky 11 mm	Drážkovací fréza	$v_c=317 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $n=3780 \text{ min}^{-1}$ $f_z=0,1 \text{ mm}$		
5.8	Přepne				
7	Broušení	Bruska na plocho		20	10
7.1	Dokončit čela na sílu 101 mm	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
7.2	Dokončit drážku + 66 na míru 98, přeleštit hrany	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
7.3	Přepne + upne				
8	Broušení	Bruska otvorů		30	10
8.1	Brousit, Ø52H8, přeleštit hrany, Ø160H8	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
8.2	Přepne				
9	Broušení	Bruska na kulato		17	8
9.1	Brousit Ø170g6 a čelo na míru 95,5 mm	Úchylkoměr	$v_c=95 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$		
10	Nástrojař			15	10
10.1	Dořezat závit 2 x M12 délky 18 mm, 3 x M8 délky 14 mm, 2 x G1/4 délky 14 m, ojehlit, značit dílec	Sada závitníků, pilník, raznice č.3			

Č. op.	Popis	Nástroj, stroj	Parametry	t _{AC}	t _{BC}
11	Povrchové úpravy			60	30
11.1	Alkalické černění				
12	Konzervace a expedice			10	5
12.1	Očistit, konzervovat dle PN 002/99, balit, uložit dle OS 015/99, připravit k expedici	Paletový vozík, balící papír			
	CELKEM		1577 min		
			228 min		